

氏名	李 炎
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第2547号
学位授与の日付	平成15年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科基盤生産システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	プローブ顕微鏡による多結晶チタンの塑性変形挙動に関する研究
論文審査委員	教授 阿部 武治 教授 飛田 守孝 教授 鳥居 太始之

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、材料塑性学の視点から、塑性変形を受けた材料の自由表面に残された痕跡、すなわち表面形状像を通じて、六方晶多結晶金属の塑性変形機構の解明、ひずみと表面形状および表面あらさの関係の定量的解明などを目的として、高分解能を持ち3次元的測定のできる原子間力顕微鏡を有するプローブ顕微鏡を使用して実験を行っている。多結晶チタン材としては、結晶粒径約 $30\mu\text{m}$ の材料、粗大結晶粒 $180\mu\text{m}$ の材料に対して、それぞれ1軸引張り塑性変形に伴う微視的な変形挙動を、同一場所で連続的に観察、測定し、考察を加えている。

その結果、チタンの引張り塑性変形機構はすべり変形と双晶変形が協調して進行する。変形中に双晶の活動は結晶粒径に関係なく、ひずみ0.09附近で活発に発生する。その後、ひずみの増加とともに双晶の数が次第に増加する。双晶の活動に伴って表面あらさが急に増加することなどが認められた。一方、結晶粒内の1次すべり線の段差はひずみの増加に伴ってほぼ直線的に増加するが、すべり線の間隔は減少する。さらに、すべり線の段差と間隔の比はひずみにほぼ比例して増加することが認められた。1次すべり線と荷重軸になす角度はひずみの増加に伴って次第に減少し、変形中にすべり系が荷重軸方向に回転する傾向が示された。各結晶粒の荷重軸方向のひずみにはばらつきが生じるが、その平均値は荷重ひずみにほぼ比例して増加する。一方、表面あれの凹凸の位置はひずみの増加に伴ってほとんど変化せず、高低差だけが増大する。さらに、結晶粒内部に形成した凹凸の位置も、より広い範囲で測定した結果と同じ傾向を示した。

以上のように、異なる結晶粒径の純チタン材およびチタン合金材に対して1軸引張り塑性変形に伴う自由表面に生じる微細変形挙動の変化、多結晶金属中のすべり変形や双晶変形などの個々の素過程と表面あれの変化との関係を具体的に明らかにし、すべり線と荷重軸に対して角度の変化、双晶の増加率などを定量的に連続測定している。このようなデータは従来見られないものであり、今後総合的に多結晶金属材料の微視的変形機構の解明を進める上できわめて有用であると考えられる。

論文審査結果の要旨

本研究は、材料塑性学の視点から、塑性変形を受けた材料の自由表面に残された痕跡、すなわち表面形状像を通じて、六方晶多結晶金属の塑性変形機構の解明、ひずみと表面形状および表面あらさの関係の定量的解明などを目的として、高分解能を持ち3次元測定のできる原子間力顕微鏡を有するプローブ顕微鏡を使用して実験を行っている。多結晶チタン材としては、結晶粒径約 $30\mu\text{m}$ の材料、粗大結晶粒 $180\mu\text{m}$ の材料に対して、それぞれ1軸引張り塑性変形に伴う微視的な変形挙動を、同一場所で連続的に観察、測定し、考察を加えている。

その結果、チタンの引張り塑性変形機構はすべり変形と双晶変形が協調して進行する。変形中に双晶の活動は結晶粒径に関係なく、ひずみ 0.09 附近で活発に発生する。その後、ひずみの増加とともに双晶の数が次第に増加する。双晶の活動に伴って表面あらさが急に増加することなどが認められた。一方、結晶粒内の1次すべり線の段差はひずみの増加に伴ってほぼ直線的に増加するが、すべり線の間隔は減少する。さらに、すべり線の段差と間隔の比はひずみにほぼ比例して増加することが認められた。1次すべり線と荷重軸になす角度はひずみの増加に伴って次第に減少し、変形中にすべり系が荷重軸方向に回転する傾向が示された。各結晶粒の荷重軸方向のひずみにはばらつきが生じるが、その平均値は荷重ひずみにほぼ比例して増加する。広い範囲での表面あれの凹凸の位置はひずみの増加に伴ってほとんど変化せず、高低差だけが增大する。さらに、結晶粒内部に形成した凹凸の位置も、より広い範囲で測定した結果と同じ傾向を示した。

以上のように、異なる結晶粒径の純チタン材およびチタン合金材に対して1軸引張り塑性変形に伴う自由表面に生じる微細変形挙動の変化、多結晶金属中のすべり変形や双晶変形などの個々の素過程と表面あれの変化との関係を具体的に明らかにし、すべり線と荷重軸に対して角度の変化、双晶の増加率などを定量的に連続測定している。これらは、今後総合的に多結晶金属材料の微視的変形機構の解明を進める上できわめて有用な情報であると考えられる。このように、プローブ顕微鏡によるチタン材の塑性変形挙動の微視的連続観察は他に例を見ないものであり、よって本論文は博士の学位に十分値するものと認められる。